



# La géolocalisation

ou comment localiser quelque chose/quelqu'un quelque part

le **cnam**

Olivier Maridat – 20 octobre 2011

## Aperçu

- Présentation
  - Qui suis-je ?
  - Trialog
- La géolocalisation
  - La géolocalisation en général
  - Différentes méthodes de géolocalisation
- Cas concrets
- Et la vie privée dans tout ça ?

# Présentation

Partie 1



## Qui suis-je ?

- Olivier Maridat
- 2011 : ENSIIE – CNAM Master SEM
- Stage à Trialog
  - sur la protection de la vie privée
  - et donc la géolocalisation

Géolocalisation : je ne suis pas un expert (en existe-t-il ?) mais j'y ai passé suffisamment de temps pour en cerner les enjeux principaux, les difficultés et les différentes manières de faire

## Trialog

- Conseil, étude et ingénierie
- Etude et développement
  - l'électronique automobile et grand public
    - *voitures communicantes Renault*
  - les télécommunications,
  - la domotique
    - *EHS, MonAMI*
  - et la distribution d'énergie
    - *Linky : compteurs intelligents EDF*
- Projets industriels / Projets européens
- Stage ?

## Pendant ce cours...

- Vous connaissez des choses sur la géolocalisation...
  - repartir du début pour formaliser tout ça,
  - et aller plus loin !
- Des questions, des remarques ? N'hésitez pas !

Oui, je vous enverrai les slides par email !

# La géolocalisation

## Partie 2

- Définition
- Exemples d'utilisation
- Formalisation des concepts
  - Géolocalisation logique, physique, conceptuelle
  - Conversions
  - Ontologie
- Méthodes de géolocalisation



# Définition

- Géolocaliser
  - situer une position à la surface d'une planète...
    - généralement la planète Terre !
  - très souvent à l'aide de coordonnées géographiques
    - Latitude
    - Longitude
    - Altitude



## Systèmes de coordonnées :

### - Coordonnées géographiques

Latitude : Angle formé par l'équateur et la position à localiser par rapport au centre de la Terre au Nord (+) ou au Sud (-)

Longitude : Angle formé par le méridien de Greenwich (celui qui passe par Londres !) et la position à localiser par rapport au centre de la Terre à l'Est ou à l'Ouest

Altitude : mesure par rapport à une référence qui représente le niveau de la mer

### - Coordonnées géodésiques

En utilisant des coordonnées cartésiennes : X, Y, Z

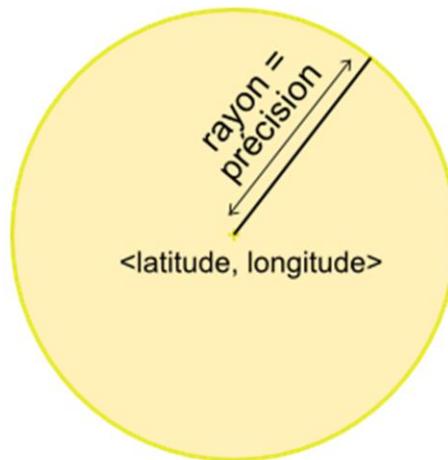
Cela paraît facile, mais en réalité, c'est compliqué ! Très compliqué ! Notamment dû au fait que la terre n'est pas parfaitement ronde... Elle se rapproche plutôt d'une ellipsoïde. Passer de coordonnées géographiques à des coordonnées géodésiques (par exemple pour faire une translation d'un point) devient vite un vrai calvaire !

En réalité



Capteur GPS quelque part dans les Alpes.

## En réalité : un cercle



Les mesures d'un capteur de géolocalisation ne correspondent pas à un point. Elles sont précises à quelques mètres près, ou à plusieurs kilomètres près selon la méthode utilisée. Voilà pourquoi, une mesure de capteur est accompagnée d'une précision, ce qui permet de dire que quelque chose ou quelqu'un est localisé quelque part dans ce cercle, de manière uniformément répartie.

## Exemples d'utilisation

- Navigateurs GPS
- Services Internet
  - Foursquare
  - Gowala
  - Facebook, Google, Twitter, ...
- Retrouver des voitures volées
- Terrains de golf
- Grands magasins
- Jeux pervasifs
- ...

Au travers ces exemples, on voit que l'on ne va pas forcément utiliser directement la données « latitude, longitude, altitude », on a besoin de quelque chose de plus proche de la réalité. Nous allons donc étudier dans la suite la formalisation généralement utilisée : différents types de données de géolocalisation, le passage d'un type à un autre, et les ontologies (=vocabulaires) de chaque type de données

## Données de géolocalisation

### 1. Brutes :

- données renvoyées par le capteur

### 2. Logiques :

- latitude, longitude, altitude

### 3. Physiques :

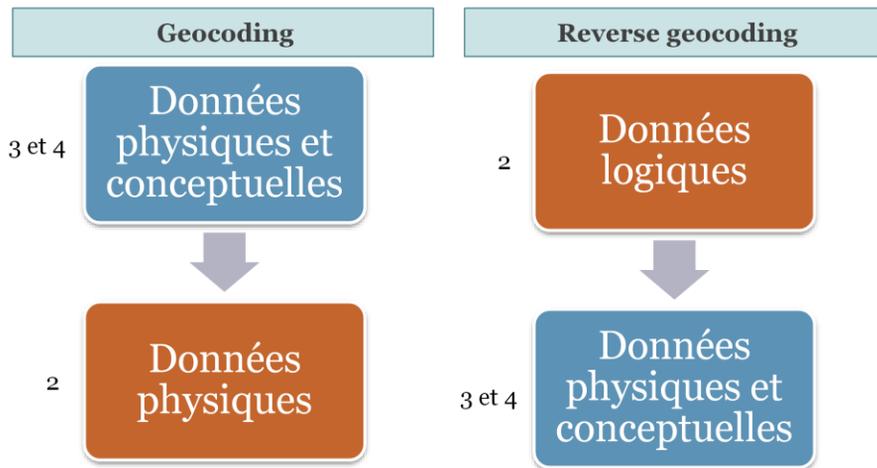
- adresse postale (ex : 292, rue Saint-Martin - 75003 Paris)

### 4. Conceptuelles

- nom du lieu (ex : « Le CNAM », « Chez moi ! »)

Comment passer de l'un à l'autre ? On a des données logiques fournies par le capteur, on souhaite des données physiques, comment faire ? Géocodage.

## Conversions : Géocodage - Géocodage inverse



## Conversions : Géocodage - Géocodage inverse

- Comment ça marche ?
  - Bases de données liant
    - des données logiques (latitude, longitude, ...)
    - et des données physiques ou conceptuelles (adresse, nom de lieu)
- Concrètement : comment géocoder ?
  - Créer sa propre base de données de connaissances
  - OU
    - Google Maps Geocoding API
    - Openstreetmap
    - et d'autres

### **Google Maps API :**

<http://code.google.com/intl/fr/apis/maps/documentation/javascript/>  
API facilement utilisable en Javascript pour le Web ou en Java  
Supporte le geocodage et le géocodage inverse  
Grande base de données d'adresses postales, et de lieux

### **Openstreetmap :** <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Geocoding>

Cartes libres et créées de manière collaborative  
Le géocodage est donc aussi créé de manière collaborative !  
Ce n'est donc peut-être pas encore utilisable, mais c'est un travail à suivre.

## Google Maps Geocoding API

- Exemple : 1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, CA
- Réponse de Google Maps Geocoding API

```
"types": [ "street_address" ],
"formatted_address": "1600 Amphitheatre Pkwy, Mountain
View, CA 94043, USA",
"address_components": [
  {
    "long_name": "1600", "types": [ "street_number" ], ...
  },
  {
    "long_name": "Amphitheatre Pkwy", "types": [ "route"
  ], ...
  },
  ...
],
"geometry": {
  "location": {"lat": 37.4219720, "lng": -122.0841430},
  ...
}
```

Cette exemple permet aussi de voir que Google a formalisé une adresse postale : street\_number, route, city, zip, country, ...

Chaque système, chaque API définit son propre vocabulaire, mais on retrouve globalement les mêmes éléments (parfois avec des noms différents) et des API standards viennent confirmer petit à petit ce vocabulaire. Ce travail s'appelle « définition d'une ontologie ».

## Géolocalisation logique

Libellé	Unité	Intervalle	Description
latitude	degré	[-90, 90]	Angle formé par l'équateur et la position à localiser par rapport au centre de la Terre
longitude	degré	[-180, 180]	Angle formé par le méridien de Greenwich et la position à localiser par rapport au centre de la Terre
précision	mètre	$\geq 0$	Puisque l'on effectue une mesure, celle-ci est plus ou moins précise. La véritable position de l'utilisateur est donc quelque part dans le cercle de centre <latitude, longitude> et de rayon « précision »
altitude	mètre		Altitude de la position à localiser par rapport au niveau de la mer
<i>vitesse</i>	<i>mètre / seconde</i>		<i>Vitesse du déplacement s'il y en a un</i>
<i>timestamp</i>			<i>Date de la mesure</i>

## Géolocalisation physique : extérieur

<b>Libellé</b>	<b>Description</b>	<b>Exemple</b>
Country	Le pays	France
State	Correspond à la région	Ile-De-France
County	Correspond au département	Essone
District		
City	La ville	Evry
SubLocality		
Zip	Le code postal	91000
Street	La rue	Boulevard de l'Yerres
House No	Le numéro de la rue	9
OverlapWidth	Distance de recouvrement	

On voit qu'il faut différencier les données physiques pour les espaces extérieurs, des données physiques pour les espaces à l'intérieur des bâtiments

## Géolocalisation physique : intérieur

<b>Libellé</b>	<b>Description</b>	<b>Exemple</b>
Building	Nom du bâtiment	Bâtiment 21
Floor	Nom ou numéro de l'étage dans le bâtiment	2
Room	Nom ou numéro de la pièce dans le bâtiment	23
Corridor	Nom ou numéro du couloir dans le bâtiment	
OverlapWidth	Distance de recouvrement	

## Géolocalisation conceptuelle

- Pas de formalisation a priori
- Formalisation possible au cas par cas
  - Grands magasins : étage, type de magasin, ...
- Nécessite la création d'une base de données de connaissances

Comment géolocaliser  
quelqu'un, quelque chose ?

Des idées ?



# Méthodes de géolocalisation



**GPS**



**GSM**



**Wi-Fi**



**Bluetooth**



**Adresse IP**



**MAC des cartes réseaux**



**Tag RFID actif**



**QrCode, FlashCode, Tag RFID passif**

Légende :

Pas de connaissances a priori

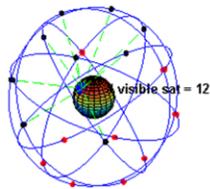
Connaissances a priori requises

## GPS

- GPS = *Global Positioning System*
- Conçu par le département de la défense américaine
- Ouvert aux civils en 1995
- Communications directes avec des satellites via un capteur GPS pour se localiser
  - Code spécifique pour les militaires et les civils
- « Concurrents »
  - GLONASS : système Russe
  - Galileo : projet Européen (disponible en 2014 ?)

## GPS

- Au moins 24 satellites à 20 200 km d'altitude
- Le capteur GPS doit communiquer avec au moins 4 d'entre eux pour trouver sa position



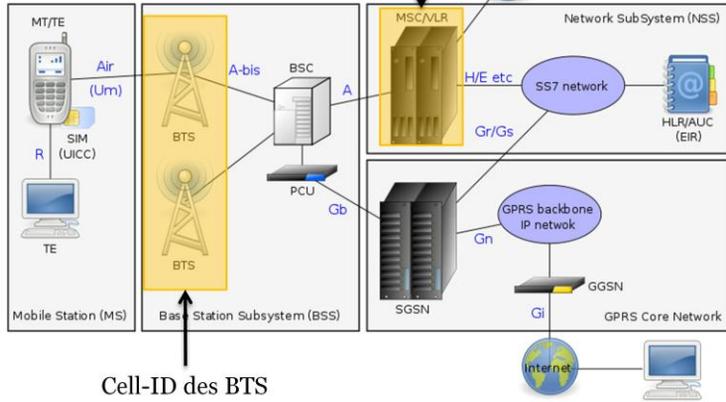
## GPS

- Précision : quelques mètres, c'est très précis !
- Ne fonctionne pas en intérieur

GSM 

LAC (Location Area Code) des VLR

Structure of a GSM network (key elements)



## GSM

- La localisation des BTS et des VLR est bien connue
- Base de données de connaissances
  - Cell-ID et LAC
  - localisation associée
- Exemple : OpenCellID

## GSM

- Comment géolocaliser ?
  - En écoutant les BTS à proximité (Cell-ID, LAC, puissance de réception, orientation de la réception)
  - Comparaison à la base de données de connaissance
- Précision générale : 100-700 mètres (milieu urbain) à plusieurs kilomètres (milieu rural)
- Utilisable en intérieur

Géolocalisation par ondes radio :

Etude de Cisco :

[http://www.cisco.com/web/FR/documents/pdfs/newsletter/ciscomag/2006/12/ciscomag\\_3\\_dossier\\_geolocalisation\\_par\\_wifi.pdf](http://www.cisco.com/web/FR/documents/pdfs/newsletter/ciscomag/2006/12/ciscomag_3_dossier_geolocalisation_par_wifi.pdf)

« Géolocalisation, votre portable vous suit à la trace » :

<http://reseau.echelon.free.fr/reseau.echelon/geolocalisation.htm>



## Méthodes GSM : 1 station

### Cell-ID ou « Cellule d'origine »

- La localisation sélectionnée est celle de la BTS actuellement utilisée. (celle qui répond le plus vite)
- Simple, rapide (moins de 5 secondes) mais peu précis.

### Enhanced Observed Time Difference ou EOTD

- Principe similaire mais en se basant sur le temps d'émission/réception du signal pour déterminer une distance approximative entre la source et la BTS.
- Un peu plus précis

Précision : 100-700 m en milieu urbain, 10 km en milieu rural

Il existe plusieurs méthodes de localisation par ondes radio, fournissant des précisions variables. Elles ne sont pas utilisées que pour la géolocalisation par GSM.



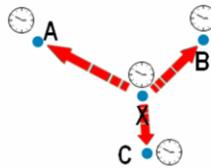
## Méthodes GSM : plusieurs stations

### Time of Arrival ou « Heure d'Arrivée » ou ToA

- Triangulation
- La source émet un signal daté et les récepteurs datent l'heure d'arrivée du signal. Un système de géolocalisation se base sur ces informations pour positionner la source.

### Time Difference of Arrival ou « Différentiel d'arrivée » ou TDoA

- Triangulation
- Principe similaire mais avec un signal émis non daté. Le système de géolocalisation détermine la position de la source en fonction de la différence des temps d'arrivée.

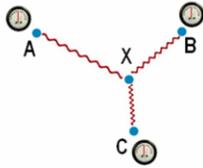




## Méthodes GSM : plusieurs stations

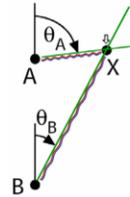
### Received Signal Strength ou « Puissance du Signal Reçu » ou RSS

- Triangulation
- La source émet un signal et les récepteurs calculent la puissance du signal reçue. Un système de géolocalisation se base sur ces informations pour positionner la source.



### Angle of Arrival ou « Angles d'Arrivée » ou AoA

- Triangulation
- La source émet un signal et les récepteurs calculent l'angle de réception du signal. Un système de géolocalisation se base sur ces informations pour positionner la source.





## Méthodes GSM : plusieurs stations

### *Patterning* ou « *Modélisation* »

- Modéliser l'ensemble des lieux en effectuant des mesures à chaque « point de localisation ». On compare ensuite les mesures de la source à cette base de connaissance.
- Long, coûteux, mais efficace

### *Fingerprinting* ou « *Empreinte Radio* »

- Principe similaire mais en utilisant RSS.



## Méthodes GSM : plusieurs stations

- Précision : 100-150 m en milieu urbain, 5 km en milieu rural
- Un peu plus long à calculer (plus de 5 s ?)
- Nécessite une certaine intelligence dans le carte SIM

## Wi-Fi

- Base de données de connaissances des points d'accès Wi-Fi
  - BSSID : correspond à l'adresse MAC du point d'accès
- Création d'une base de données
  - écoute des points d'accès
  - enregistrement de leur BSSID (si besoin SSID)
  - association à une localisation pour l'émission la plus forte
- Exemple : Skyhook, Google
- Affaire « Google Cars »

Affaire de l'enregistrement des communications Wi-Fi par des Google Cars :  
<http://www.cnil.fr/la-cnil/actu-cnil/article/article/google-street-view-la-cnil-prononce-une-amende-de-100-000-euros/>

## Wi-Fi

- Comment géolocaliser ?
  - En écoutant les points d'accès à proximité (BSSID, puissance de réception)
  - Comparaison à la base de données de connaissance
  - Méthode « Différentiel d'arrivée » (TDoA) ou « Puissance du signal reçu » (RSS)
- Précision supérieure à 200 mètres
- Voire 4-5 mètres pour une géolocalisation spécifique à un bâtiment
- Utilisable en intérieur

## Le grand mix

- Constat
  - méthodes avec des précisions variables
  - Et des durées de traitement variable
- Solution envisageable
  - GPS + Wi-Fi + GSM
  - Appelé « Network » sous Android

# Cas concrets

Partie 3



## Sous Android

- **GPS**
  - Traitement long et consommateur de batterie
  - API solide pour éviter ces problèmes
- **Wi-Fi**
  - Traitement rapide permettant de récupérer les SSID et BSSID des points d'accès Wi-Fi alentours.
  - Résultats variables
- **Cell-ID**
  - Traitement rapide permettant de récupérer les Cell-ID et les LAC (Location Area Code) alentours
- **Network (GPS+Wi-Fi+GSM)**
  - Traitement relativement long mais particulièrement précis
  - API identique à celle du GPS

Android et la géolocalisation :

<http://developer.android.com/guide/topics/location/obtaining-user-location.html>

## Android : tests géolocalisation



## Sous Android

- Autoriser la géolocalisation dans le fichier de configuration « Manifest » de l'application

```
<uses-permission  
  android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"  
>
```

Android et la géolocalisation :

<http://developer.android.com/guide/topics/location/obtaining-user-location.html>

## Android : GPS et Network

```
LocationListener locationLstnr = new LocationListener() {  
    public void onLocationChanged(Location location) {  
        // Affichage et utilisation  
    }  
    ...  
};  
  
LocationManager locationMngr = (LocationManager)  
    this.getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);  
locationMngr.requestLocationUpdates(  
    LocationManager.NETWORK_PROVIDER,  
    0, 0,  
    locationLstnr);
```

**Network** : LocationManager.NETWORK\_PROVIDER

**GPS** : LocationManager.GPS\_PROVIDER

## Android : GPS et Network

- Pour éviter les temps d'attentes et la consommation excessive de batterie
  - Le traitement s'effectue à l'aide d'un « Service Android », c'est-à-dire dans un nouveau thread automatiquement
  - Selon les cas : configurer la précision requise
  - Utiliser tout de suite « getLastKnownLocation » et attendre un résultat plus précis

**Network** : `LocationManager.NETWORK_PROVIDER`

**GPS** : `LocationManager.GPS_PROVIDER`

## Android : Wi-Fi

```
WifiManager wifiMngr = (WifiManager)
    getSystemService(Context.WIFI_SERVICE);

List<ScanResult> scanResults = wifiMngr.getScanResults();
for(ScanResult scanResult : scanResults) {
    // Affichage et utilisation
    scanResult.BSSID;
}
```

## Android : Cell-ID

```
TelephonyManager telMngr = (TelephonyManager)
    getSystemService(Context.TELEPHONY_SERVICE);

GsmCellLocation gsmCellLocation = (GsmCellLocation)
    telMngr.getCellLocation();
// Affichage et utilisation
gsmCellLocation.getCid();
gsmCellLocation.getLac();
```

## Android : tests géocodage inverse



## HTML5 : Geolocation API

- API Javascript standardisée par le W3C
- Pour géolocaliser à un instant t
  - `getCurrentPosition`
- Et suivre les déplacements
  - `watchPosition`
- Données
  - latitude, longitude, accuracy
  - Facultativement : altitude, vertical accuracy, heading, speed, timestamp

## HTML5 : Geolocation API



## HTML5 : Geolocation API

```
var options = { enableHighAccuracy: true };
function on_success(position) {
    var latitude = position.coords.latitude;
    var longitude = position.coords.longitude;
    var accuracy = position.coords.accuracy;
    // affichage
}
function on_error(error) {
    // erreur
}

if (navigator.geolocation) {
    navigator.geolocation.getCurrentPosition(
        on_success,
        on_error,
        options
    );
}
else {
    alert('Geolocation API non disponible');
}
```

# Et la vie privée dans tout ça ?

Partie 4



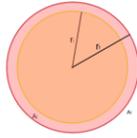
## Obscurcissement de données

- Réduire la teneur en informations personnelles
  - Ex : 48, rue des Lilas, 75008 Paris, FRANCE
  - Niveau d'obscurcissement
- But
  - Éviter « tout ou rien »
  - Accéder à des services utiles en protégeant sa vie privée
- Moyen d'y parvenir
  - À chaque type de données son algorithme et son niveau d'obscurcissement

## Obscurcir une géolocalisation



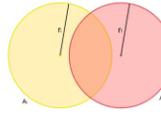
Géolocalisation  
mesurée



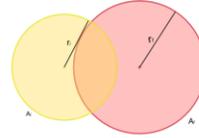
Augmentation  
du  
rayon



Réduction  
du  
rayon



Déplacement  
du  
centre



Combinaison

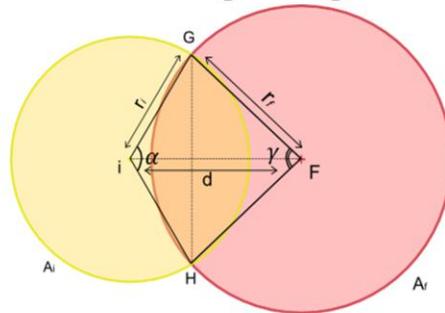
### Niveau d'obscurcissement L :

Le cercle final :

- formera L% du cercle initial, OU
- contiendra L% du cercle initial

## Système d'équations à résoudre

$$\begin{cases} r_i \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = r_f \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \\ r_i^2 (\alpha - \sin(\alpha)) + r_f^2 (\gamma - \sin(\gamma)) = (\pi \times \text{obfuscation level} \times r_f^2) \\ d = r_i \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + r_f \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right) \end{cases}$$



# Pour conclure

C'est bientôt fini

## Géolocalisation

- De plus en plus utilisé
  - Enjeux économiques (industrie, société de consommation)
  - Enjeux humains (protection de la vie privée)
- De multiples méthodes de géolocalisation
  - à précision variable
  - à coût variable
- Technologie démocratisée et facilement utilisable

Des questions ?

Merci de votre écoute !